

2 次元解析に基づいた面内一面外同時加振時の 3 次元地盤安定評価法

地震工学研究所 正会員 ○宇高 竹和
 地震工学研究所 正会員 大島 快仁
 地震工学研究所 正会員 渡邊 泰介

1. はじめに

近年、サイトの入力地震動は、断層から推測される 3 方向の入力として定義されており、安全性確保のためにも 3 次元地震応答解析を実施することは重要である。しかしながら、それにはまだ多くの手間と時間を要する。

そこで、比較的簡易な 2 次元地震応答解析により、3 次元方向のすべり安全率を考慮することが可能な手法を提案する¹⁾²⁾。複雑な 3 次元場を平面ひずみ状態で仮定し、代表的な断面に対して 2 次元場での静的な自重解析と、面内方向と面外方向の同時加振による動的解析を行う。得られる平面ひずみ状態の地盤応力を奥行き方向に一定な 3 次元地盤と考えることにより、すべり面は 3 次元形状を考慮でき、側方立ち上がり面の効果を考慮した地盤安定解析が可能になると考えられる。

本編では、基礎的な検証として、簡単な 2 次元平面ひずみモデルに 2 次元円弧及び 3 次元お椀型のすべり面を仮定し、面内一面外同時加振による地盤のすべり安全率及びすべり安全率が最小になる方向を求めた。

2. 疑似 3 次元地盤安定評価法の検証

2. 1 解析概要

解析で使用した 2 次元 FEM モデルは、図 1 に示すように 2 層構造の地盤が NS 方向に徐々に傾斜している。地盤物性を表 1 に示す。FEM モデルの側方及び底面は粘性境界とした。

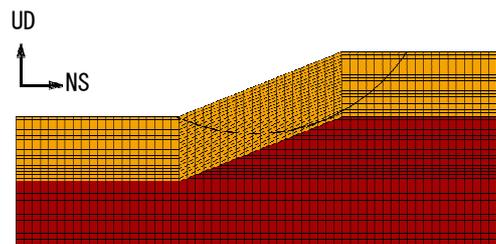
入力動はモデル底面の半無限地盤上部に入射波として設定し、関東地震の東京での予測波(佐藤・壇)³⁾を用いた。入力動の加速度諸元を図 2 に示す。最大加速度は面内方向(NS 方向)に 222.1gal、面外方向(EW 方向)に 223.9gal である。また、解析最大振動数は 10.0Hz とした。すべり面は、2 次元円弧と 3 次元お椀型の形状を仮定した。

表 1 地盤物性

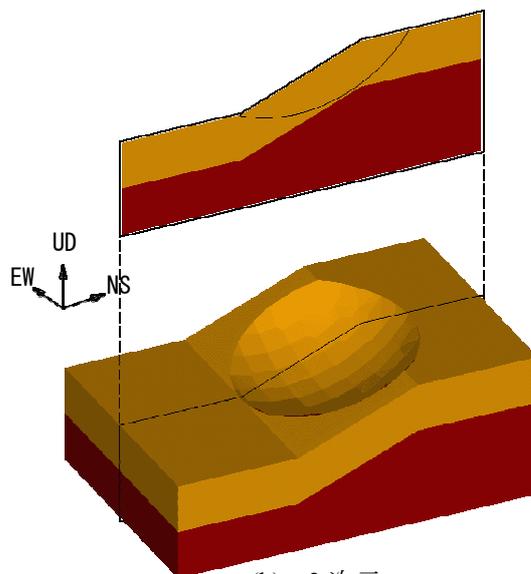
	単位体積重量 γ(kN/m ³)	せん断波速度 Vs(m/sec)	ポアソン比 ν(-)	減衰定数 h(%)	粘着力 c(kN/m ²)	内部摩擦角 φ(°)
上層	19.23	200.0	0.333	5.00	375.52	0
下層	19.23	400.0	0.333	5.00	1102.10	0

2. 2 すべり安全率の比較

最小すべり安全率を表 2 に示し、すべり方向と安全率の関係を図 3 に示す。すべり線を 2 次元円弧とした場合の最小すべり安全率は面内加振、面外加振及び面内一面外同時加振時で、それぞれ 2.94、3.37 及び 2.89 となった。その際の最小すべり安全率の生じる方向は、NS 軸に対してそれぞれ 0 度、20 度及び 170 度となった。これにより、面外方向の入力が規定されている場合、面外の影響を無視すると危険側の結果となることがわかる。



(a) 2次元



(b) 3次元

図 1 解析対象モデルおよびすべり面形状

キーワード 地盤安定評価, 3次元解析, 2次元解析, 地震応答, すべり

連絡先 〒160-0004 東京都新宿区四谷4丁目27番2号 新宿Yビル3階 (株)地震工学研究所 TEL03-3226-8733

また、3次元お椀型のすべり面とした場合の安全率は、それぞれ4.00、4.69及び3.93となり、角度はNS軸に対してそれぞれ0度、20度及び170度となった。3次元お椀型のすべり面では奥行き方向の立ち上がり面を考慮することが出来るため、2次元円弧と比較すると、今回のモデルでは安全率が約35~40%上昇することが確認できた。

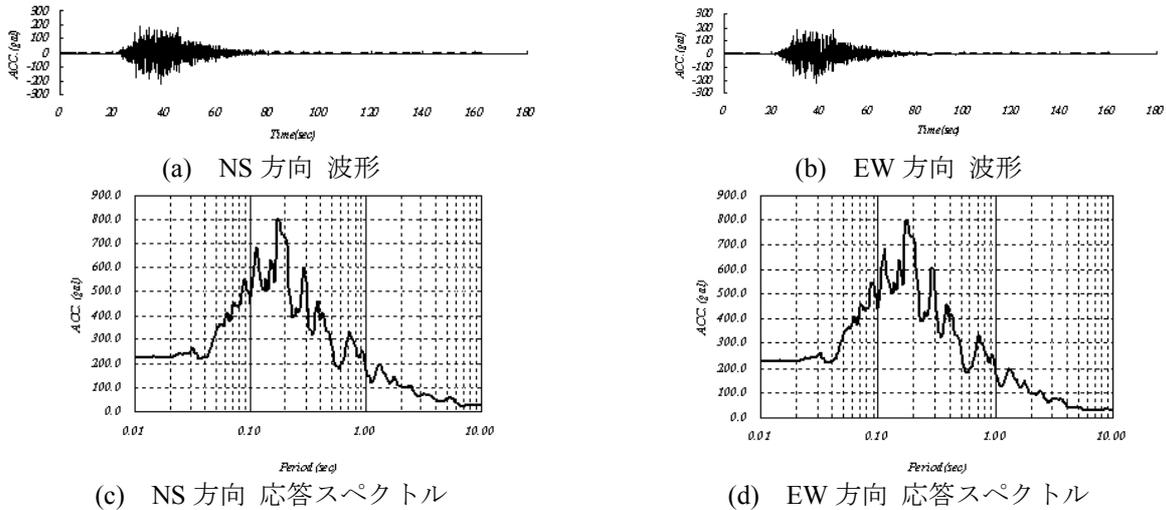
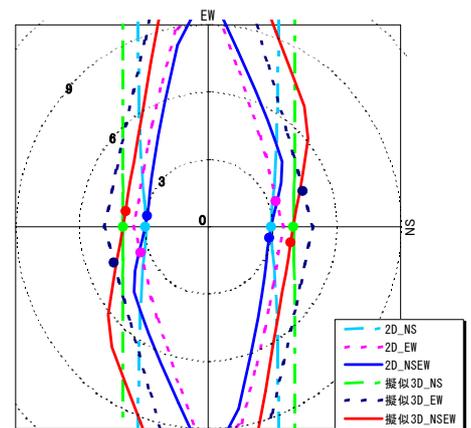


図2 入力地震動

表2 すべり安全率の比較

解析の種類	すべり面形状	常時荷重	地震時荷重		斜面の最小安全率	発生時刻	すべり方向
			面内方向 (NS方向)	面外方向 (EW方向)			
2次元	円弧	○	-	-	3.51	-	0
		○	○	-	2.94	38.82	0
		○	-	○	3.37	40.68	20
		○	○	○	2.89	28.82	170
擬似3次元	お椀型	○	-	-	4.89	-	0
		○	○	-	4.00	38.84	0
		○	-	○	4.69	40.68	20
		○	○	○	3.93	38.84	170

注)すべり方向は、NS軸より反時計周りの角度で示している。



注)すべり方向を10°ピッチで変化させ算出。

図3 すべり安全率とすべり方向

3. まとめ

2次元FEM断面に対し、面内一面外同時加振入力を与え、3次元のすべり面形状を考慮した地盤安定評価法についての検討を行った。その結果、面内一面外同時入力の場合、面内入力のみの場合と比較し安全側の評価となり、断層波等の3方向の地震入力が規定されている場合、その影響を考慮する必要性があることが確認された。

また、入力のみならず、すべり面も3次元的に考慮することが出来れば、より経済的な設計につながる事が推測される。

今後は、更に複雑な地盤形状及び物性の変化のある地盤に対して、また強大地震時に考えられる局所的な地盤の破壊を考慮したすべりの安全性の精度に対して、疑似3次元地盤安定評価法の妥当性を検討しなければならない。

参考文献

- 1) 宇高竹和・大島快仁：2次元解析に基づいた地震時の疑似3次元地盤安定評価法（その1），平成20年度土木学会全国大会 第63回年次学術講演会講演概要集，pp.617-618，2008
- 2) 大島快仁・宇高竹和：2次元解析に基づいた地震時の疑似3次元地盤安定評価法（その2），平成20年度土木学会全国大会 第63回年次学術講演会講演概要集，pp.619-620，2008
- 3) 免振構造設計指針，日本建築学会，2001